

日 本 国 特 許 庁
PATENT OFFICE
JAPANESE GOVERNMENT

#4 / Priority
Paper
4-3-01
Ritoku

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されて
いる事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed
with this Office.

出 願 年 月 日

Date of Application:

2000年 2月 9日

出 願 番 号

Application Number:

特願2000-031623

出 願 人

Applicant(s):

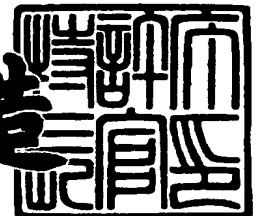
富士写真フイルム株式会社

JC996 U.S. PTO
09/779586
02/09/01

2000年10月 6日

特許庁長官
Commissioner,
Patent Office

及 川 耕 造



出証番号 出証特2000-3081281

【書類名】 特許願

【整理番号】 P24796J

【あて先】 特許庁長官 近藤 隆彦 殿

【国際特許分類】 H01S 3/085
H01S 3/18

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県足柄上郡開成町宮台 7 9 8 番地 富士写真フイルム株式会社内

【氏名】 早川 利郎

【特許出願人】

【識別番号】 000005201

【氏名又は名称】 富士写真フイルム株式会社

【代理人】

【識別番号】 100073184

【弁理士】

【氏名又は名称】 柳田 征史

【選任した代理人】

【識別番号】 100090468

【弁理士】

【氏名又は名称】 佐久間 剛

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 008969

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9814441

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 半導体レーザ装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 半導体レーザ素子からなる励起光源と、

該励起光源により励起され、該励起光源が発する励起光の波長より長波長の光を発する、基板上に活性領域と該活性領域の前記基板側あるいは前記基板と反対側に形成されたミラーを有する面発光型半導体素子と、

該面発光型半導体素子の外部に配置され、前記ミラーと外部共振器を形成する少なくとも一つの外部ミラーとを備えた半導体レーザ装置において、

前記面発光型半導体素子に変調手段を備えたことを特徴とする半導体レーザ装置。

【請求項 2】 前記変調手段が、前記面発光型半導体素子の p n 接合に対して電圧変化を付与するものであることを特徴とする請求項 1 記載の半導体レーザ装置。

【請求項 3】 前記変調手段が、前記面発光型半導体素子のショットキー接合に対して電圧変化を付与するものであることを特徴とする請求項 1 記載の半導体レーザ装置。

【請求項 4】 前記面発光型半導体素子が、発振したレーザ光の空間モードを制御する空間モード制御部を備えたことを特徴とする請求項 1、2 または 3 記載の半導体レーザ装置。

【請求項 5】 前記空間モード制御部が、前記面発光型半導体素子の光出射端面に形成された前記レーザ光を透過する孔形状の光透過部であることを特徴とする請求項 4 記載の半導体レーザ装置。

【請求項 6】 前記空間モード制御部が、前記レーザ光が出射する面と平行な面に部分的に形成された前記ミラーであることを特徴とする請求項 4 記載の半導体レーザ装置。

【請求項 7】 前記空間モード制御部が、前記レーザ光が出射する面と平行な面に部分的に形成された前記活性領域であることを特徴とする請求項 4 記載の半導体レーザ装置。

【請求項 8】 前記空間モード制御部の大きさが、該空間モード制御部が形成された場所における前記レーザ光の径の 0.1 倍以上 10 倍以下であることを特徴とする請求項 4 から 7 いずれか 1 項記載の半導体レーザ装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、半導体レーザー装置に関し、特に面発光型の半導体素子を半導体レーザー素子により励起し、レーザ発振を得る構成の半導体レーザ装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】

これまで、狭ストライプ幅のストライプ型単一横モード半導体レーザ装置は、高速な情報・画像処理および通信、計測、医療、印刷の分野での光源、あるいはレーザディスプレイ等の画像表示装置に用いられており、高出力まで高品位なビームを有することが要求されている。しかし、その半導体レーザ装置の実用出力は 200～300 mW に限られているという問題があった。この主な原因としては次の 2 つが挙げられる。一つは、高出力域ではレーザ光を発生するためのキャリアの供給がキャリア自身の拡散過程に律速されるために、レーザビーム強度の大きい箇所では、キャリア濃度が低下し、空間的ホールバーニング現象が発生により、半導体の屈折率が上昇し、導波モードに影響を及ぼしてビーム品位の劣化や電流－光出力特性にキックを生じることである。他方は、狭ストライプレーザでは、例えば、ストライプ幅が 4 μm であって、接合に垂直方向の等価的なビーム径が 0.5 μm の場合、出力 300 mW では、その出力密度が 15 MW/cm² にもなるため、半導体レーザに対する負荷が大きく様々な劣化を生じることである。これらの問題により、高信頼性が得られず、実用出力の向上を妨げている。

【0003】

そこで、前者に対しては導波構造の最適化、後者に対しては端面保護膜の最適化や端面窓構造の開発が行われている。しかしながら、これらの技術は限界に近

づいており、さらに大きな出力の高品位なビームを半導体レーザにおいて実現するためには、新たなモード制御技術と発光面積の増大による光密度の低減が必須である。

【 0 0 0 4 】

このため、空間的にコヒーレントで数百mW以上の高出力を有する半導体レーザ装置を実現するために、様々な試みが行われている。例えば1994年発行のCambridge University PressのBotez氏とD.R.Scifres氏による“Diode Laser Arrays”に記載のレーザ装置が挙げられる。しかしながら、これらのモノリシックに高品位ビームを実現する構造は、その構造や作成プロセスが複雑であるという欠点を有する。また、これらの高出力半導体レーザは駆動電流が500mAあるいは1A以上と極めて大きいため、変調する際には変調電流の振幅が0.5Aあるいは1A以上にもなり、駆動回路に大きな負荷がかかったり、またコストの上昇を招く。さらにはこのような大電流変調を用いると周囲への電磁波を遮蔽するための特別の電磁シールドが必要となり煩雑になるという問題がある。

【 0 0 0 5 】

上記のような従来電流注入型半導体レーザの欠点を克服する手段として、米国特許第5461637号および米国特許第5627853号に光励起の面発光型の半導体レーザ装置が提案されている。しかしながら、これらに記載されている装置では半導体の熱レンズ効果、つまり温度が上昇すると屈折率が上昇する効果を用いているため、基本的に温度上昇が必要なことと、温度分布に敏感で空間的な発振モードが不安定になる欠点があった。さらに、高出力においては半導体媒質特有のプラズマ効果、いわゆるキャリアの増加により、屈折率が低下する効果が、高出力のレーザ光を発生するための空間的なキャリアの穴あき効果（空間的ホールバーニング）によって生じるため空間モードが不安定となる欠点を有する。

【 0 0 0 6 】

【発明が解決しようとする課題】

上記のように、光励起の面発光型の半導体レーザ装置においては、大電流でもって励起用の半導体レーザの励起光強度を変調しないと変調が困難であり、直接変調による発振ビームの高速変調ビームを得ることが非常に困難であった。

【 0 0 0 7 】

本発明は上記事情に鑑みて、低電流にて直接変調が可能な高出力かつ高品位な半導体レーザ装置を提供することを目的とするものである。

【 0 0 0 8 】

【課題を解決するための手段】

本発明の半導体レーザ装置は、半導体レーザ素子からなる励起光源と、該励起光源により励起され、該励起光源が発する励起光の波長より長波長の光を発する、基板上に活性領域と該活性領域の前記基板側あるいは前記基板と反対側に形成されたミラーを有する面発光型半導体素子と、該面発光型半導体素子の外部に配置され、ミラーと外部共振器を形成する少なくとも一つの外部ミラーとを備えた半導体レーザ装置において、面発光型半導体素子に変調手段を備えたことを特徴とするものである。

【 0 0 0 9 】

変調手段は、面発光型半導体素子の p n 接合に対して電圧変化を付与するものであることが望ましい。

【 0 0 1 0 】

また、変調手段は、面発光型半導体素子のショットキー接合に対して電圧変化を付与するものであってもよい。

【 0 0 1 1 】

また、本発明の半導体レーザ装置は、面発光型半導体素子に、発振したレーザ光の空間モードを制御する空間モード制御部を備えていてもよい。その場合、空間モード制御部は、面発光型半導体素子の光出射端面に形成されたレーザ光を透過する孔形状の光透過部、あるいは、レーザ光が出射する面と平行な面に部分的に形成された前記ミラー、あるいは、レーザ光が出射する面と平行な面に部分的に形成された前記活性領域であることが望ましい。また、さらに、該空間モード制御部の大きさは、該空間モード制御部が形成された場所におけるレーザ光の径の 0.1 倍以上 10 倍以下であることが望ましい。

【 0 0 1 2 】

また、外部共振器内に波長選択素子を設けていてよい。

【 0 0 1 3 】

また、外部共振器内に偏光制御素子を設けていてもよい。

【 0 0 1 4 】

さらに、半導体レーザ素子の活性層は、 $\text{In}_{v1}\text{Ga}_{1-v1}\text{N}$ からなり、面発光型半導体素子の活性層は $\text{In}_{v2}\text{Ga}_{1-v2}\text{N}$ からなっているとしてもよく、組成比は $0 < v1 < v2 < 1$ であることが望ましい。

【 0 0 1 5 】

また、半導体レーザ素子の活性層は、 InGaIn 系の組成からなり、面発光型半導体素子の活性層は AlGaInP 系または GaInP 系の組成からなっているとしてもよい。

【 0 0 1 6 】

また、半導体レーザ素子の活性層は、 $\text{In}_{w1}\text{Ga}_{1-w1}\text{As}$ からなり、面発光型半導体素子の活性層は、 $\text{In}_{w2}\text{Ga}_{1-w2}\text{As}$ からなっているとしてもよく、組成比は $0 < w1 < w2 < 1$ であることが望ましい。

【 0 0 1 7 】

また、 InGaIn 系とは少なくとも In 元素と Ga 元素と N 元素を含む組成であることを示す。また、 AlGaInP 系および GaInP 系についても同様である。

【 0 0 1 8 】

【発明の効果】

本発明の半導体レーザ装置によれば、半導体レーザ素子を励起光源とし、面発光型半導体素子を励起しレーザ発振を得る半導体レーザ装置において、面発光型半導体素子に変調手段を備えているので、従来のように、大電流で励起用の半導体レーザ素子を変調する必要がなく、低電流で高速変調が可能である。

【 0 0 1 9 】

特に、面発光型半導体素子の $p-n$ 接合に対して電圧変化、例えば、逆バイアスを印加するとレーザ利得を下げることができ、これにより消光比の高い変調が可能である。

【 0 0 2 0 】

また、面発光型半導体素子のショットキー接合に対して電圧変化を付与することにより、活性層の利得を制御して変調を行うことができる。

【 0 0 2 1 】

また、本発明の半導体レーザ装置の面発光型半導体素子に空間モード制御手段を設けることにより、高出力であっても基本横モード発振を得ることができる。

【 0 0 2 2 】

具体的には、空間モード制御部として、光出射面に孔形状の光透過部あるいは部分的に活性層を形成することにより、基本モードよりも高次モードの外部共振器損失を増やすことができるので、高次横モードが制御され、基本横モード発振を得ることができる。

【 0 0 2 3 】

また、部分的に反射膜を形成することによって、基本モードを選択的に高反射することができ、基本モードよりも高次モードの外部共振器損失を増やすことができるので、発振光の高次横モードを制御することができる。

【 0 0 2 4 】

なお、空間モード制御部の大きさを、該空間モード制御部が形成された場所におけるレーザ光の径の 0.1 倍以上 10 倍以下とすることにより、良好なビーム形状および特性を得ることができる。

【 0 0 2 5 】

【発明の実施の形態】

以下に本発明の実施の形態を図面を用いて詳細に説明する。

【 0 0 2 6 】

本発明の第 1 の実施の形態による半導体レーザ装置について説明する。その半導体レーザ装置を構成する面発光型半導体素子の断面図を図 1 に示し、半導体レーザ装置の概略構成図を図 2 に示す。

【 0 0 2 7 】

まず面発光型半導体素子について説明する。図 1 に示すように、有機金属気相成長法により、 $n\text{-GaAs}$ (001) 11 基板上に $n\text{-GaAs}$ バッファ層 12 を積層後、 $n\text{-GaAs}/n\text{-Al}_{0.7}\text{Ga}_{0.3}\text{As}$ からなる多層光学フィルタ層 13

(ただし、 n -GaAs バッファ層側の第1層はAlGaAsである。)、 n -GaAs 光閉じ込め層14、ノンドープGaAs/ $\text{In}_{0.2}\text{Ga}_{0.8}\text{As}$ 多重量子井戸活性層15、 p -GaAs 光閉じ込め層16、 p - $\text{Al}_{0.7}\text{Ga}_{0.3}\text{As}$ キャリア閉じ込め層17、 p -GaAs キャップ層18を積層する。その後、電子ビーム蒸着法等により、 SiO_2 レーザ光反射防止膜19を積層する。 SiO_2 膜19の一部をリング状に除去し、リフトオフ法を用いて発振部以外のリング状の SiO_2 膜19が除去された領域を含む領域に、Ti/Pt/Au からなる p 電極20を蒸着形成する。その後GaAs 基板11の研磨を行い、発振部に対応する領域より広い領域の n -GaAs 基板11および n -GaAs バッファ層12を選択的にエッチング除去して、励起光が透過する孔を形成する。その後、 n -GaAs 基板11の上にAuGe/Ni/Au からなる n 電極21を形成後、熱処理を行う。最後に励起光である810nmに対して反射防止膜となる SiO_2 層22を形成して、最後に劈開等によりチップ化して面発光型半導体素子23を完成させる。

【0028】

ここで、多層光学フィルタ層13は、例えばレーザ発振する980nmの光に対して90%以上の高反射、励起光である810nmの光に対して5%以下の低反射率となっている。例えば発振波長より長波長に対して、結晶内で1/4波長となる、GaAs/ $\text{Al}_{0.7}\text{Ga}_{0.3}\text{As}$ 多層構造を20ペア程度積層する構造を採用する。

【0029】

次に、半導体レーザ装置について説明する。図2aに示すように、本実施の形態による半導体レーザ装置は、励起用に、活性層がInGaAsP、AlGaAs またはAlGaInAs からなる、発振波長が810nmで幅100 μm のブロードエリア型半導体レーザ素子31を用い、上記面発光型半導体素子23のGaAs 基板11側を取り付けられた穴あきヒートシンク33と、集光レンズ32と、外部ミラー35と、部分ミラー40とを備えている。外部ミラー35の凹面と面発光型半導体素子23の n -GaAs/ n - $\text{Al}_{0.7}\text{Ga}_{0.3}\text{As}$ 多層光学フィルタ13とにより共振器（共振器長L）が構成され、共振器内に波長選択素子34が挿入されている。さらに面発光型半導体素子23に変調手段が備えられている。該変調手段は、直流

バイアス回路42と、信号源43と、変調回路44と、ミキサー45とからなるものである。 $n\text{-GaAs}/n\text{-Al}_{0.7}\text{Ga}_{0.3}\text{As}$ 多層光学フィルタ13はミラーの役割を果たす。

【0030】

半導体レーザ素子31からの810nmの励起光36は、集光レンズ32により面発光型半導体素子23に集光され、面発光型半導体素子23の光閉じ込め層14、16および多重量子井戸活性層15により効率よく吸収されて、外部ミラーより波長約980nmのレーザ光37が出力される。出力されたレーザ光は、例えば、光偏向器に入力されて画像記録用の光源として用いられる。

【0031】

本発明の半導体レーザ装置は、発振光の一部を部分ミラー40により取り出して、光検知器（図示せず）により受けてAPC（Automatic Power Control）回路41により励起用半導体レーザ31の駆動電流に帰還し出力が一定となるように制御されている。

【0032】

本実施の形態における面発光型半導体素子23はpn接合を有しているため、変調手段により素子のpn接合に対して電圧変化を与えることにより変調が可能である。変調回路44は、信号源43から入力される、例えば2値の画像信号に応じて正値あるいは負値をとる電圧信号をミキサー45に送る。このミキサー45は電圧信号を直流バイアス回路42から入力されるバイアス電圧に重畳する。つまり、面発光型半導体素子23のpn接合にはこのバイアス電圧を基準にして、画像信号に応じて上下する波形の電圧が加えられる。これにより、面発光型半導体素子23の活性層の利得が変化し（より詳しくは、面発光型半導体素子にバイアス電圧を加えたことによる利得変動の程度が変化し）、発光強度が画像信号に基づいて変調される。

【0033】

また、信号源43から階調画像を担う画像信号を入力した場合は、上記電圧波形のバイアス電圧からの上下変動値が画像信号に応じて変化し、上記利得が段階的あるいは連続的に変化する。これにより、発光強度が画像信号に応じて段階的あ

るいは連続的に変化する。本発明の半導体レーザ装置は、駆動電流の大きい励起用の半導体レーザ素子を変調する場合に比べ、低電流で、かつ高速な変調が可能である。また、図2に示すようなヒートシンク33を構成することにより、高効率な放熱が可能である。

【0034】

ここで、設計上、ビーム径は $1/e^2$ 直径で0.3mm程度となっており、さらに空間的広がり大きい高次モード発振を抑制するためにp電極20に形成した孔の径は直径0.6mmとした。この孔径は大きくすれば全く発振光に影響を及ぼさないが、小さくしすぎると基本モード光の遮蔽量が増大して損失が大きくなるため最適化により所望の特性を得ることができるように、ビーム径の0.1倍から10倍の範囲が望ましい。

【0035】

さらに、本実施の形態による半導体レーザ装置は、単一縦モードを得るために、波長選択素子として、例えばリオフィルタあるいはエタロンあるいはこれらを複数枚挿入してもよい。また、プリユースター板を挿入することにより偏光制御が可能である。

【0036】

本実施の形態に示すように、励起光源にはブロードエリア型半導体レーザ素子を用いることができるので高出力化、例えば1W～10W以上が可能である。従って、得られる発振出力も数100mW～数W以上の高出力が可能となる。前述のストライプ型単一モードレーザの光出射端面におけるビーム面積は、一般的に $2\mu\text{m}^2$ 程度であるのに対し、 $(0.15\text{mm})^2 \times \pi = 70650\mu\text{m}^2$ と 10^4 倍以上の大きなビーム面積となるため、高出力化が可能となる。

【0037】

また、本実施の形態の半導体レーザ装置は、光励起であるために、通常の電流注入の半導体レーザとは異なり、半導体多層反射膜などにおける電気抵抗増大による発熱や、効率低下の問題がなく、従来の面発光レーザで用いられているような、多層光学フィルタを構成する各層間の界面で組成傾斜層を設けたり、局所的なドーピングにより、低抵抗化を図るなどの煩雑な構造を用いる必要がなく、作

成プロセスもより簡単である。

【0038】

また、図2bに示すように、励起用半導体レーザ素子31からの励起光36は、面発光型半導体素子23に対して、角度を付けて入射させてもよい。また、図2aに示す半導体レーザ装置と同様に、APC回路を備えていてもよい。

【0039】

次に本発明の第2の実施の形態による980nmにて発振する半導体レーザ装置について説明する。その半導体レーザ装置を構成する面発光型半導体素子の積層方向の断面図を図3に示し、半導体レーザ装置の概略構成図を図4に示す。

【0040】

まず面発光型半導体素子について説明する。以下に記載する、 $n\text{-GaAs}$ および $n\text{-Al}_{0.7}\text{Ga}_{0.3}\text{As}$ は、それぞれ発振波長 λ におけるGaAsおよび $\text{Al}_{0.7}\text{Ga}_{0.3}\text{As}$ の屈折率である。図3に示すように、有機金属気相成長法により、 $n\text{-GaAs}$ (001) 基板51上に、 $n\text{-GaAs}$ バッファ層52を積層し、20ペアの $n\text{-GaAs}$ (厚さ： $\lambda/4 n_{\text{GaAs}}$) / $n\text{-Al}_{0.7}\text{Ga}_{0.3}\text{As}$ (厚さ： $\lambda/4 n_{\text{Al}_{0.7}\text{Ga}_{0.3}\text{As}}$) ブラッグ反射膜53 (ただし、 $n\text{-GaAs}$ バッファ層52側の第1層は AlGaAs である。)、 $n\text{-GaAs}$ 光閉じ込め層54、ノンドープ $\text{GaAs}/\text{In}_{0.2}\text{Ga}_{0.8}\text{As}$ 多重量子井戸活性層55、 $n\text{-GaAs}$ 光閉じ込め層56、 $n\text{-Al}_{0.7}\text{Ga}_{0.3}\text{As}$ キャリア閉じ込め層57を積層する。その後、GaAs基板51の研磨を行い、 $\text{AuGe}/\text{Ni}/\text{Au}$ からなるn電極60を形成、熱処理によりオーミック電極を形成する。次に電子ビーム蒸着法により Ti/Au ショットキー電極58を発振部となる窓部を除いて形成し、 SiO_2 反射防止膜59 (厚さが $\lambda/4 n_{\text{SiO}_2}$) を積層する。その後、ヘキ開によりチップ化して面発光型半導体素子61を完成させる。前記第1の実施の形態と異なり、GaAs基板51およびGaAsバッファ層52の一部の除去は行わない。

【0041】

次に半導体レーザ装置について説明する。図4に示すように、本実施の形態による半導体レーザ装置は、励起用に発振波長が810nm帯で、活性層がInG

a A s P、A l G a A s または A l G a I n A s からなる幅広の半導体レーザ素子71を用い、上記面発光型半導体素子61のG a A s 基板51側を取り付けられたヒートシンク73と、集光レンズ72と、外部ミラー75とを備えている。外部ミラー75の凹面と面発光型半導体素子61の20ペアのn-G a A s（厚さ： $\lambda/4 n_{G a A s}$ ）/n-A l 0.7 G a 0.3 A s（厚さ： $\lambda/4 n_{A l 0.7 G a 0.3 A s}$ ）ブラッグ反射膜53とにより共振器（共振器長L）が構成されており、共振器内に偏光素子74とを備えられ、さらに面発光型半導体素子61に変調手段が備えられている。該変調手段は、直流バイアス回路95と、信号源96と、変調回路97と、ミキサ98とからなるものである。20ペアのn-G a A s（厚さ： $\lambda/4 n_{G a A s}$ ）/n-A l 0.7 G a 0.3 A s（厚さ： $\lambda/4 n_{A l 0.7 G a 0.3 A s}$ ）ブラッグ反射膜53はミラーの役割を果たす。

【0042】

半導体レーザ素子71からの810nmの励起光76は、集光レンズ72により面発光型半導体素子61に集光され、面発光型半導体素子61の光閉じ込め層54、56および多重量子井戸活性層55により効率よく吸収されて、外部ミラー75から、波長約980nmのレーザ光77が出力される。面発光型半導体素子61はG a A s 基板51の反対側には励起光を遮蔽する構造がないため、本実施の形態の半導体レーザ装置は基板と反対側の前面より励起を行う構成である。面発光型半導体素子61は基板全面がヒートシンクに保持されているため、放熱が良く、より高出力化が可能である。

【0043】

本実施の形態による半導体レーザ装置は、ショットキー接合を有しており、該ショットキー接合に対し、変調手段によって電圧変化を与えることによって、活性層の利得を制御して変調を行うことができる。変調回路97は、信号源96から入力される、例えば2値の画像信号に応じて正值あるいは負値をとる電圧信号をミキサ98に送る。このミキサ98は電圧信号を直流バイアス回路95から入力されるバイアス電圧に重畳する。つまり、面発光型半導体素子61のショットキー接合にはバイアス電圧を基準にして、画像信号に応じて上下する波形の電圧が加えられる。これにより、面発光型半導体素子61の活性層の利得が変化し（より詳しくは、

面発光型半導体素子にバイアス電圧を加えたことによる利得変動の程度が変化し、発光強度が画像信号に基づいて変調される。本発明の半導体レーザ装置は、駆動電流の大きい励起用の半導体レーザ素子を変調する場合に比べ、低電流で、かつ高速な変調が可能である。また、階調画像を担う画像信号を入力する場合も第 1 の実施の形態と同様に行うことにより変調が可能である。

【 0 0 4 4 】

また、上記第 1 の実施の形態に示すように、本実施の形態による半導体レーザ装置は、外部ミラーの出力側に部分ミラーを設置し、発振光の一部をこの部分ミラーにより取り出して、光検知器により受けて APC (Automatic Power Control) 回路により励起用半導体レーザの駆動電流に帰還し出力が一定となるように制御してもよい。

【 0 0 4 5 】

上記第 1 と第 2 の実施の形態では、励起波長が 810 nm であり、発振波長が 980 nm の場合について記載したが、一般に、励起波長が発振波長より短波長であれば上記のような半導体レーザ装置を構成できる。従って、発振波長が 750 ~ 880 nm 程度では面発光型半導体素子の活性層として、AlGaAs、InGaAsP あるいは AlGaInAs 等を用いることができる。このときの励起用半導体レーザ素子の活性層としては、更に短波長の光を発する組成の InGaP あるいは AlInGaP 等を用いるか、あるいは組成比を前記面発光型半導体素子より短波長となるように制御した AlGaAs、InGaAsP あるいは AlGaInAs 等を用いることができる。

【 0 0 4 6 】

次に、本発明の第 3 の実施の形態による半導体レーザ装置について説明し、その半導体レーザ装置の構成する面発光型半導体素子の断面図を図 5 に示し、該面発光型半導体素子の上面図を図 6 に示す。図 6 中の A-A' 断面図が図 5 である。また、半導体レーザ装置の概略構成図を図 7 に示す。

【 0 0 4 7 】

まず、面発光型半導体素子について説明する。以下に示す n は光励起により発振する波長であり、 n_{AlN} 、 n_{GaN} 、 n_{SiO_2} 、 n_{ZrO_2} はそれぞれ AlN、GaN、SiO₂、ZrO₂ の屈折率を示す。

1 N、Ga N、Si O₂、Zr O₂の発振波長での屈折率である。図5に示すように、有機金属気相成長法により、サファイアC面基板81上に、Ga N低温バッファ層82、n-Ga Nバッファ層83、20ペアのn-Ga N（厚さ： $\lambda/4 n_{\text{Ga N}}$ ）/n-Al N（厚さ： $\lambda/4 n_{\text{Al N}}$ ）ブラッグ反射膜84（ただし、n-Ga Nバッファ層側の第1層はAl Nである。）、n-Ga N光閉じ込め層85、In_x2Ga_{1-x}2N/In_x3Ga_{1-x}3N多重量子井戸活性層86（ $0 < x_2 < x_3 < 0.5$ ）、p-Ga N光閉じ込め層87、Al_{z4}Ga_{1-z4}Nキャリア閉じ込め層88（ $z_4 > 0$ ）、p-Ga Nキャップ層89を積層する。

【0048】

ここで、図6に示す上面図を参照して、塩素系のRIE（Reactive Ion Beam Etching）により、発振部の周囲をn-Ga Nバッファ層83まで除去する。図5に示すように、凸状に残された部分のp-Ga Nキャップ層89の上で、発振部以外の領域にp電極（Ni/Au）90を形成し、n-Ga Nバッファ層83上にn電極（Ti/Al）92を蒸着、熱処理によりオーミック電極を形成する。次に、電子ビーム蒸着法等により、Zr O₂（厚さ： $\lambda/4 n_{\text{Zr O}_2}$ ）無反射コート膜91を積層し、基板の研磨を行い、サファイア基板81の裏面に励起光370nmに対して反射防止膜となる厚みのZr O₂反射防止膜93を積層後、劈開によりチップ化して面発光型半導体素子94を完成させる。

【0049】

次に、上記面発光型半導体素子94を用いた半導体レーザ装置について説明する。図7に示すように、本実施の形態による半導体レーザ装置は、励起用に発振波長が370～420nmでブロードエリア型のInGa N活性層を有する半導体レーザ素子101を用い、上記面発光型半導体素子94のサファイア基板81側を取り付けられた穴あきヒートシンク103と、集光レンズ102と、外部ミラー105とを備えている。外部ミラー105の凹面と面発光型半導体素子94の20ペアのn-Ga N（厚さ： $\lambda/4 n_{\text{Ga N}}$ ）/n-Al N（厚さ： $\lambda/4 n_{\text{Al N}}$ ）ブラッグ反射膜84とにより共振器が構成されており、共振器内に波長選択素子104とを備え、面発光型半導体素子94に変調手段を備えるものである。該変調手段は、直流バイアス回路125と、信号源126と、変調回路127と、ミキサー128とからなるもので

ある。20ペアの $n\text{-GaN}$ （厚さ： $\lambda/4 n_{\text{GaN}}$ ）/ $n\text{-AlN}$ （厚さ： $\lambda/4 n_{\text{AlN}}$ ）ブラッグ反射膜84はミラーの役割を果たす。

【0050】

半導体レーザ素子101からの370～420nmの励起光106は、集光レンズ102により面発光型半導体素子94に集光され、面発光型半導体素子94の光閉じ込め層85、87および多重量子井戸活性層86により効率よく吸収されて、外部ミラー105から波長約400～550nmのレーザ光107が出力される。

【0051】

本実施の形態による半導体レーザ装置は、面発光型半導体素子に変調手段を備えているため、上記第1の実施の形態と同様に、面発光型半導体素子のpn接合に対して電圧変化を与えることによりレーザ光を変調することが可能である。

【0052】

また、上記第1の実施の形態に示すように、外部ミラー105の出力側に部分ミラーを設置し、発振光の一部をこの部分ミラーにより取り出して、光検知器により受けてAPC（Automatic Power Control）回路により励起用半導体レーザの駆動電流に帰還し出力が一定となるように制御してもよい。

【0053】

次に本発明の第4の実施の形態による半導体レーザ装置について説明する。その半導体レーザ装置を構成する面発光型半導体素子の断面図を図8に示し、半導体レーザ装置の概略構成図を図9に示す。

【0054】

まず、面発光型半導体素子について説明する。1997年発行のJpn.J.Appl.phys. Lett., Vol.37.pp.L1020の中村氏らによるInGaN/GaN/AlGaIn-Based Laser Diodes Grown on GaN Substrates with a Fundamental Transverse Modeに記載の方法により、 $n\text{-GaN}$ （0001）基板111を形成する。 λ は光励起により発振する波長であり、 n_{AlN} 、 n_{GaN} 、 n_{SiO_2} 、 n_{ZrO_2} はそれぞれAlN、GaN、SiO₂、ZrO₂の発振波長での屈折率である。図8に示すように、有機金属気相成長法により $n\text{-GaN}$ （0001）基板111上に、 $n\text{-GaN}$ バッファ層112、 $n\text{-Al}_{z_4}\text{Ga}_{1-z_4}\text{N}$ キャリア閉じ込め層113（ $z_4>0$ ）、 $n\text{-G}$

a N 光閉じ込め層114、 $\text{In}_{x_2}\text{Ga}_{1-x_2}\text{N} / \text{In}_{x_3}\text{Ga}_{1-x_3}\text{N}$ 多重量子井戸活性層115 ($0 < x_2 < x_3 < 0.5$)、p-GaN 光閉じ込め層116、2ペアのp-AlN ($\lambda/4 n_{\text{AlN}}$) / p-GaN ($\lambda/4 n_{\text{GaN}}$) 層117 (ただし、p-GaN 光閉じ込め層側の第1層はAlNである。)、p-GaN キャップ層118、p 電極 (Ni/Au) 119、12ペアの SiO_2 ($\lambda/4 n_{\text{SiO}_2}$) / ZrO_2 ($\lambda/4 n_{\text{ZrO}_2}$) 層120を積層し、GaN 基板の裏面には、中心部が円形状に除去された (Ti/Al) n 電極121を形成し、その後 ZrO_2 反射防止膜122を積層し面発光型半導体素子123を作製する。本実施の形態による面発光型半導体素子123は、2ペアのp-AlN ($\lambda/4 n_{\text{AlN}}$) / p-GaN ($\lambda/4 n_{\text{GaN}}$) 層117および12ペアの SiO_2 ($\lambda/4 n_{\text{SiO}_2}$) / ZrO_2 ($\lambda/4 n_{\text{ZrO}_2}$) 層120によりブラッグ反射膜を形成している。

【0055】

次に上記の面発光型半導体素子123を用いた半導体レーザ装置について説明する。図9に示すように、本実施の形態における半導体レーザ装置は、励起用に発振波長が370～420 nmでブロードエリア型のInGaN活性層を有する半導体レーザ素子131を用い、上記面発光型半導体素子123の12ペアの SiO_2 ($\lambda/4 n_{\text{SiO}_2}$) / ZrO_2 ($\lambda/4 n_{\text{ZrO}_2}$) 層120側を取り付けられたヒートシンク133と、集光レンズ132と、外部ミラー135とを備えるものである。また、ミラー135の凹面と面発光型半導体素子123の2ペアのp-AlN ($\lambda/4 n_{\text{AlN}}$) / p-GaN ($\lambda/4 n_{\text{GaN}}$) 層117および12ペアの SiO_2 ($\lambda/4 n_{\text{SiO}_2}$) / ZrO_2 ($\lambda/4 n_{\text{ZrO}_2}$) 層120とにより共振器が構成されており、共振器内に波長選択素子134を備え、面発光型半導体素子123に変調手段を備えるものである。該変調手段は、直流バイアス回路155と、信号源156と、変調回路157と、ミキサ158とからなるものである。

【0056】

半導体レーザ素子131からの370～420 nmの励起光136は、集光レンズ132により面発光型半導体素子123に集光され、面発光型半導体素子123の光閉じ込め層114、116および多重量子井戸活性層115に効率よく吸収されて、外部ミラー135より波長約400～550 nmレーザ光137が出力される。

【 0 0 5 7 】

・ 本実施の形態による半導体レーザ装置は、面発光型半導体素子に変調手段を備えており、第 1 の実施の形態と同様に、面発光型半導体素子の p n 接合に対して電圧変化を与えることによりレーザ光の変調が可能である。

【 0 0 5 8 】

また、上記第 1 の実施の形態に示すように、外部ミラー 135 の出力側に部分ミラーを設置し、発振光の一部をこの部分ミラーにより取り出して、光検知器により受けて A P C (Automatic Power Control) 回路により励起用半導体レーザの駆動電流に帰還し出力が一定となるように制御してもよい。

【 0 0 5 9 】

次に第 5 の実施の形態による発振波長が 6 5 0 n m の半導体レーザ装置について説明する。この半導体レーザ装置の概略構成図を図 1 1 に示し、その半導体レーザ装置を構成する面発光型半導体素子の断面図を図 1 0 に示す。

【 0 0 6 0 】

まず、面発光型半導体素子について説明する。図 1 0 に示すように、n - G a A s (0 0 1) 基板 141 上に、n - G a A s バッファ層 142、n - I n_{0.5} (G a_{1-x5} A l_{x5})_{0.5} P キャリア閉じ込め層 143、n - I n_{0.5} (G a_{1-x2} A l_{x2})_{0.5} P 光閉じ込め層 144、I n_{0.5} (G a_{1-x3} A l_{x3})_{0.5} P / I n_{0.5} (G a_{1-x4} A l_{x4})_{0.5} P 多重量子井戸活性層 (0 ≤ x₃ < x₄ ≤ x₂ < x₅ ≤ 1) 145、p - I n_{0.5} (G a_{1-x2} A l_{x2})_{0.5} P 光閉じ込め層 146、p - I n_{0.5} (G a_{1-x5} A l_{x5})_{0.5} P キャリア閉じ込め層 147、p - G a A s キャップ層 148 を積層する。その後、発振部の p - G a A s キャップ層 148 を化学エッチングにより除去し、p 電極 (T i / P t / A u) 149 を蒸着し、熱処理をする。続いて、電子ビーム蒸着法により、S i O₂ / T i O₂ 多層光学フィルタ (x₃ < x₁ < 1) 150 を積層する。基板 141 の研磨を行い、硫酸系のエッチャントにて発光領域を含み該発光領域より広い領域の n - G a A s 基板 141 および n - G a A s バッファ層 142 を除去する。次に、n 電極 (A u G e / N i / A u) 151 を蒸着、熱処理により形成し、最後に励起光に対する反射防止膜 152 を形成して、面発光型半導体素子 153 を作製する。

【 0 0 6 1 】

次に、上記のように作製した面発光型半導体素子153を用いた半導体レーザ装置について説明する。図11に示すように、本実施の形態における半導体レーザ装置は、励起用に、発振波長が400nmでブロードエリア型のInGaN活性層を有する半導体レーザ素子161を用い、上記面発光型半導体素子153のSiO₂/TiO₂多層光学フィルタ150側を取り付けられたヒートシンク163と、集光レンズ162と、外部ミラー165とを備えるものである。外部ミラー165の凹面と面発光型半導体素子153のSiO₂/TiO₂多層光学フィルタ150とにより共振器（共振器長L）が構成されており、共振器内に偏光制御素子（例えばブリュースター板）164とを備え、面発光型半導体素子153に変調手段を備えるものである。該変調手段は、直流バイアス回路175と、信号源176と、変調回路177と、ミキサー178とからなるものである。

【0062】

半導体レーザ素子161からの400nmの励起光166は、集光レンズ162により、面発光型半導体素子153に集光され、面発光型半導体素子153の光閉じ込め層144、146および多重量子井戸活性層145により効率よく吸収されて、外部ミラー165より波長約650nmのレーザ光167が出力される。

【0063】

本実施の形態による半導体レーザ装置は、面発光型半導体素子に変調手段を備えており、第1の実施の形態と同様に、面発光型半導体素子のpn接合に電圧変化を与えることにより、面発光型半導体素子153から発せられる光を変調することができる。

【0064】

ここで、多層光学フィルタ150は発振光に対しては90%以上の高反射率、励起光に対しては5%以下、望ましくは1%以下の低反射率となるものである。

【0065】

なお、上記全ての実施の形態において、ブロードエリア型半導体レーザを励起光源として用いたが、励起用の半導体レーザ素子はブロードエリア型半導体レーザだけでなく、アレイ型半導体レーザ素子やテーパー構造で高密度の集光が可能なMOPA（Master Oscillator Power Amplifier）やさらにはα-DFB（ang

led grating-distributed feedback) 構造を有するレーザでもよい。

【 0 0 6 6 】

また、発振光および励起光に対する反射防止膜として単層の誘電体膜を用いたが、多層構造として低い反射率を得ることができる。また、励起光に対する面発光型半導体素子の吸収係数が小さい場合においては、発振光を取り出す側とは反対側からの裏面励起の場合、発振光に対しては反射防止、励起光に対しては有限の反射率を有する膜を形成して、一旦反射した励起光を有効に利用することが可能である。

【 0 0 6 7 】

本発明の半導体レーザ装置は、高速な情報・画像処理および通信、計測、医療、印刷の分野での光源として応用可能である。また、レーザディスプレイ等の画像表示装置に用いることができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

本発明の第 1 の実施の形態による半導体レーザ装置の面発光型半導体素子を示す断面図

【図 2】

本発明の第 1 の実施の形態による半導体レーザ装置を示す概略構成図

【図 3】

本発明の第 2 の実施の形態による半導体レーザ装置を構成する面発光型半導体素子を示す断面図

【図 4】

本発明の第 2 の実施の形態による半導体レーザ装置を示す概略構成図

【図 5】

本発明の第 3 の実施の形態による半導体レーザ装置を構成する面発光型半導体素子を示す断面図

【図 6】

本発明の第 3 の実施の形態による半導体レーザ装置を構成する面発光型半導体素子を示す上面図

【図 7】

本発明の第 3 の実施の形態による半導体レーザ装置を示す概略構成図

【図 8】

本発明の第 4 の実施の形態による半導体レーザ装置を構成する面発光型半導体素子を示す断面図

【図 9】

本発明の第 4 の実施の形態による半導体レーザ装置を示す概略構成図

【図 1 0】

本発明の第 5 の実施の形態による半導体レーザ装置を構成する面発光型半導体素子を示す断面図

【図 1 1】

本発明の第 5 の実施の形態による半導体レーザ装置を示す概略構成図

【符号の説明】

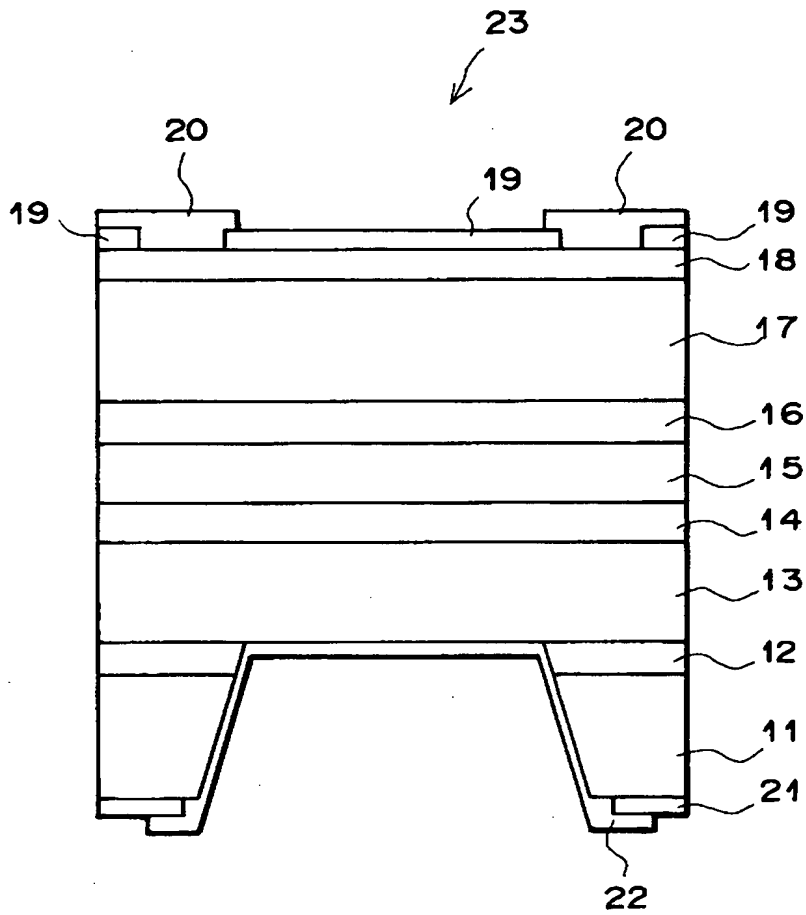
- 11,51,141 n-GaAs (001) 基板
- 20 Ti/Pt/Au からなる p 電極
- 21 AuGe/Ni/Au からなる n 電極
- 58 Ti/Au ショットキー電極
- 60 AuGe/Ni/Au からなる n 電極
- 31,71,101,131,161 半導体レーザ素子
- 32,72,102,132,162 集光レンズ
- 33,73,103,133 ヒートシンク
- 34 波長選択素子
- 35,75,105,135,165 外部ミラー
- 42,95,125,155,175 直流バイアス回路
- 43,96,126,156,176 信号源
- 44,97,127,157,177 変調回路
- 45,98,128,158,178 ミキサ
- 74 偏光素子
- 81 サファイア C 面基板

- 90,119 N i / A u からなる p 電極
- 92,121 T i / A l からなる n 電極
- 104 波長選択素子
- 111 n - G a N (0 0 0 1) 基板
- 134 波長選択素子
- 164 偏光制御素子
- 149 T i / P t / A u からなる p 電極
- 151 A u G e / N i / A u からなる n 電極

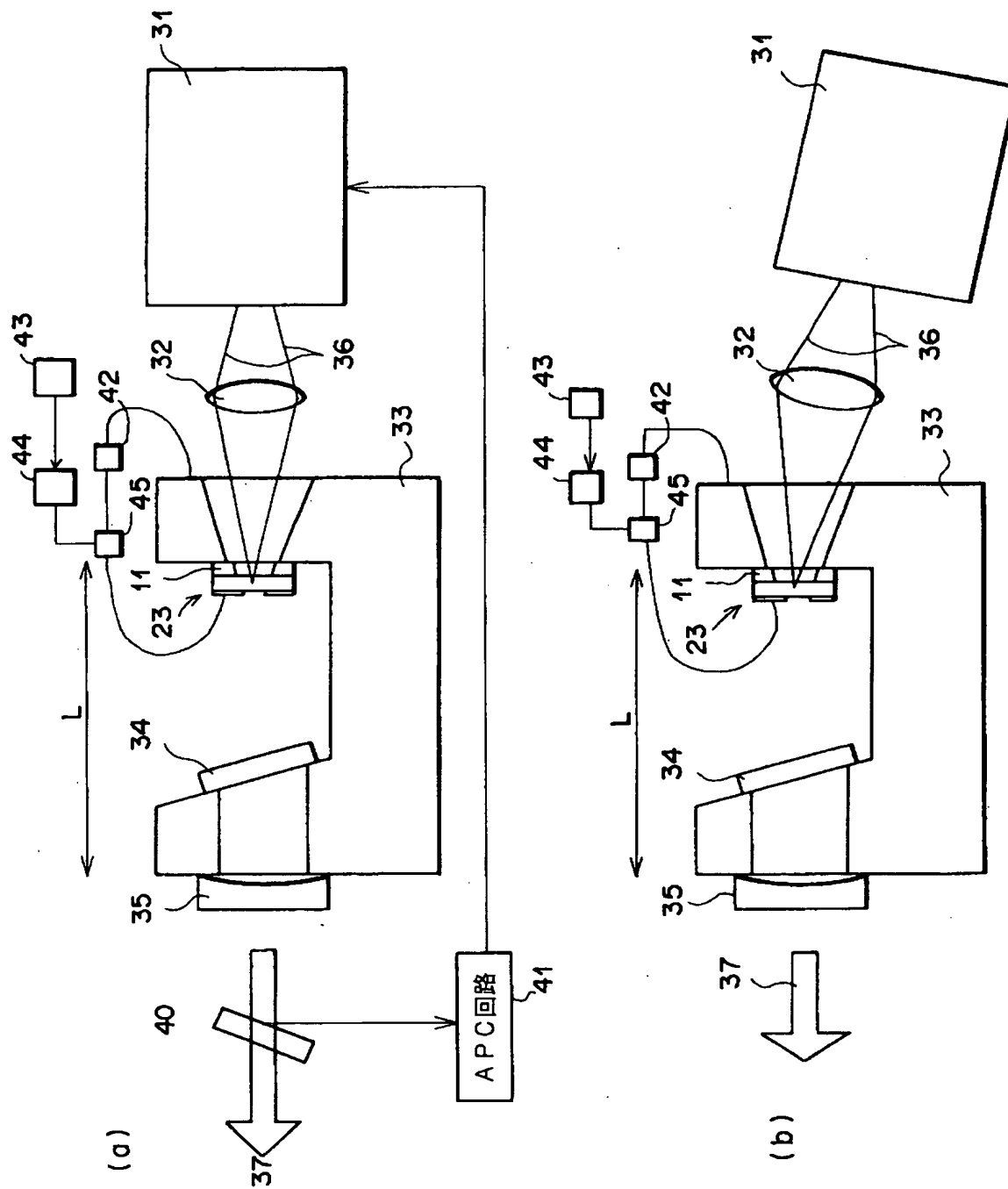
【書類名】

図面

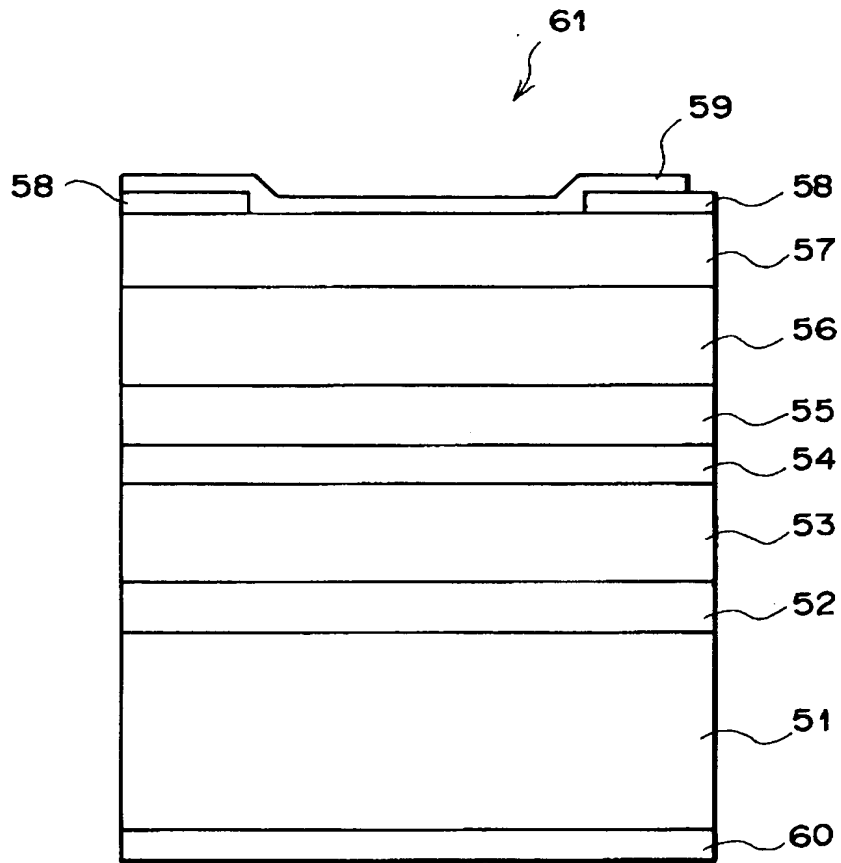
【図 1】



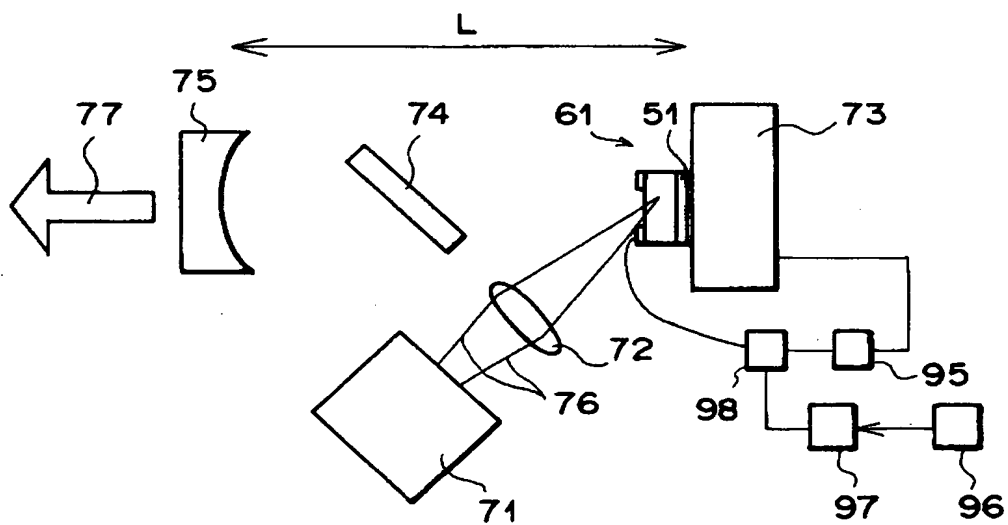
【図 2】



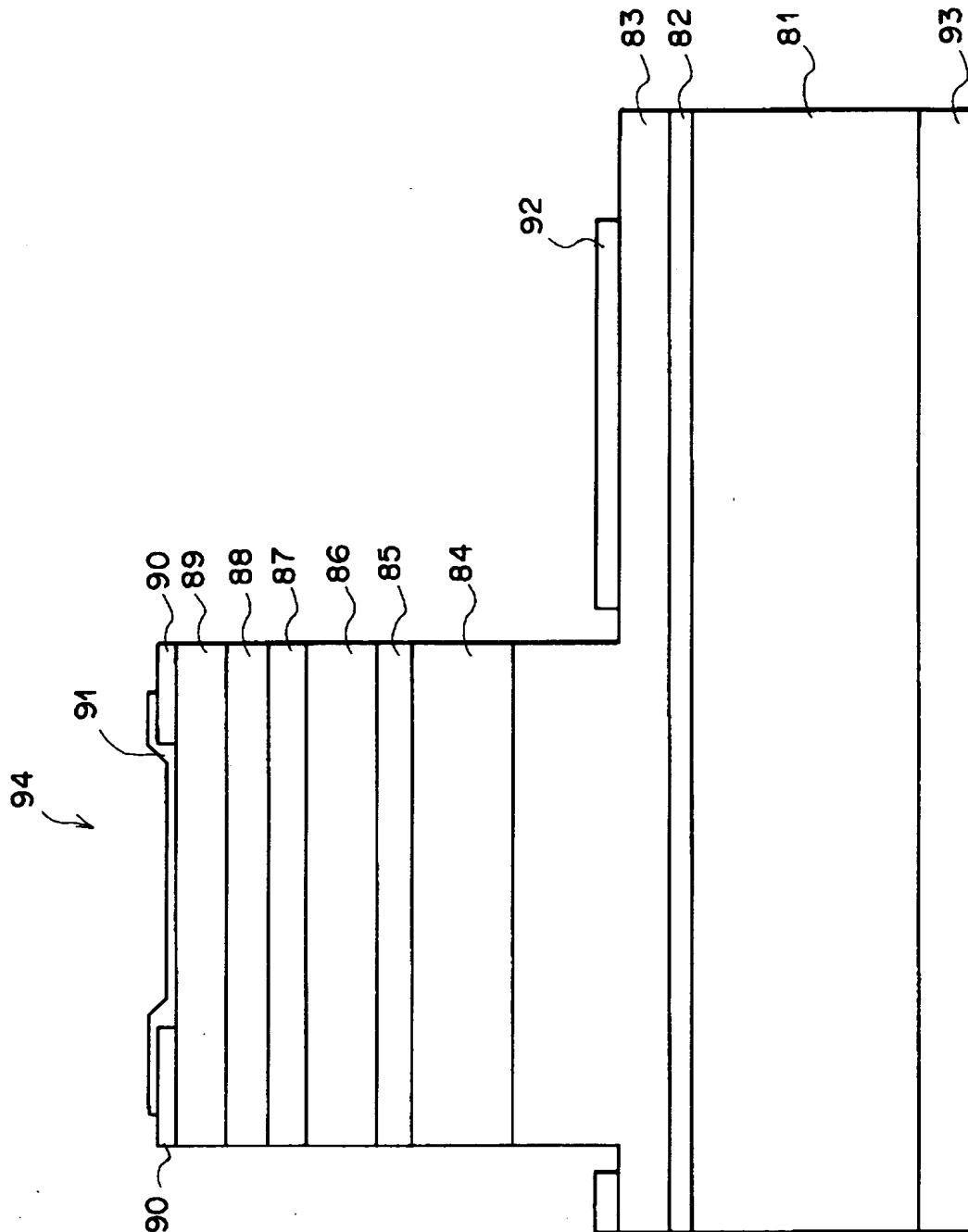
【図 3】



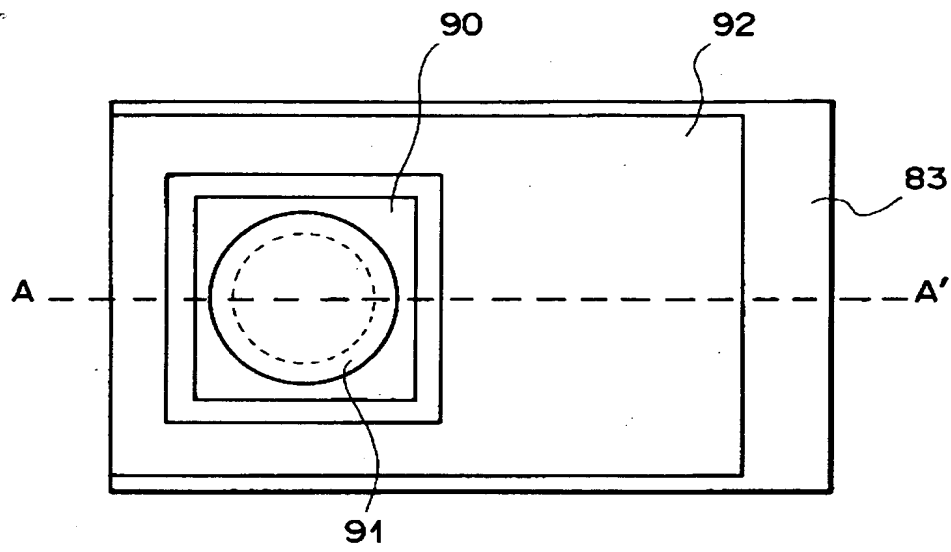
【図 4】



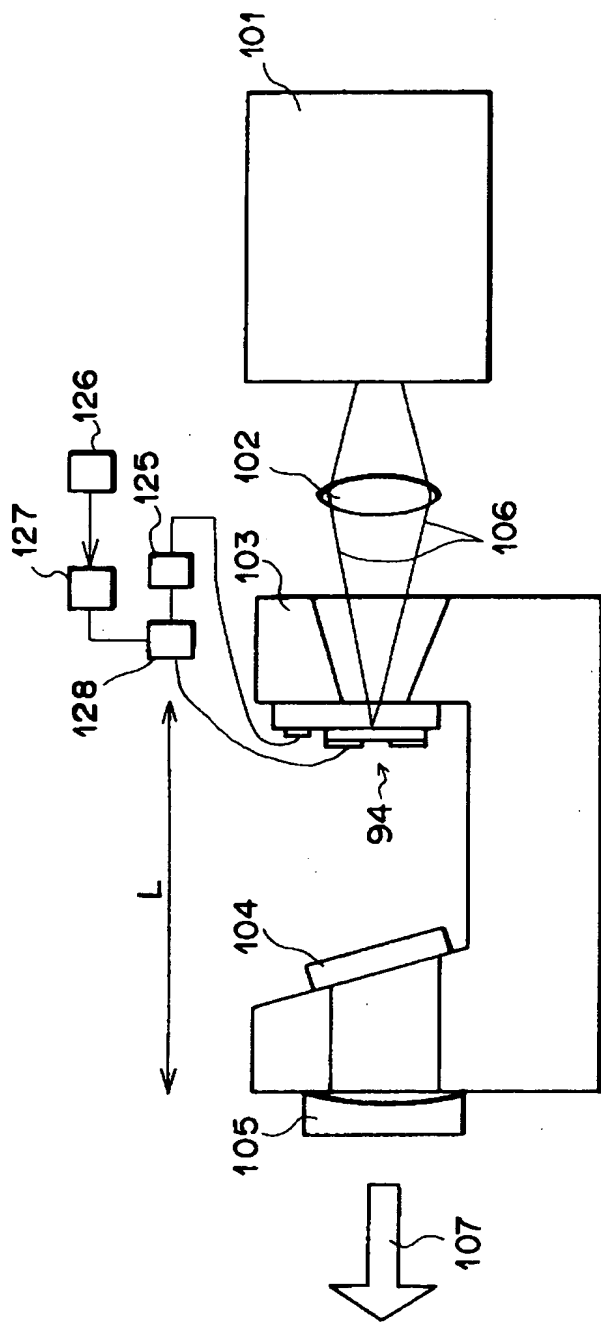
【図 5】



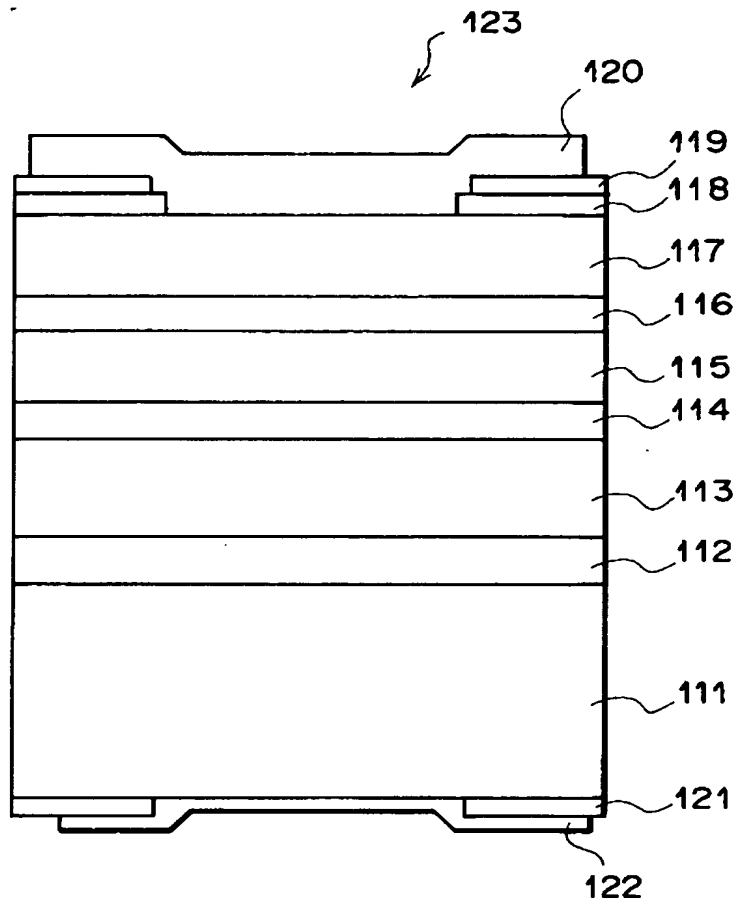
【図 6】



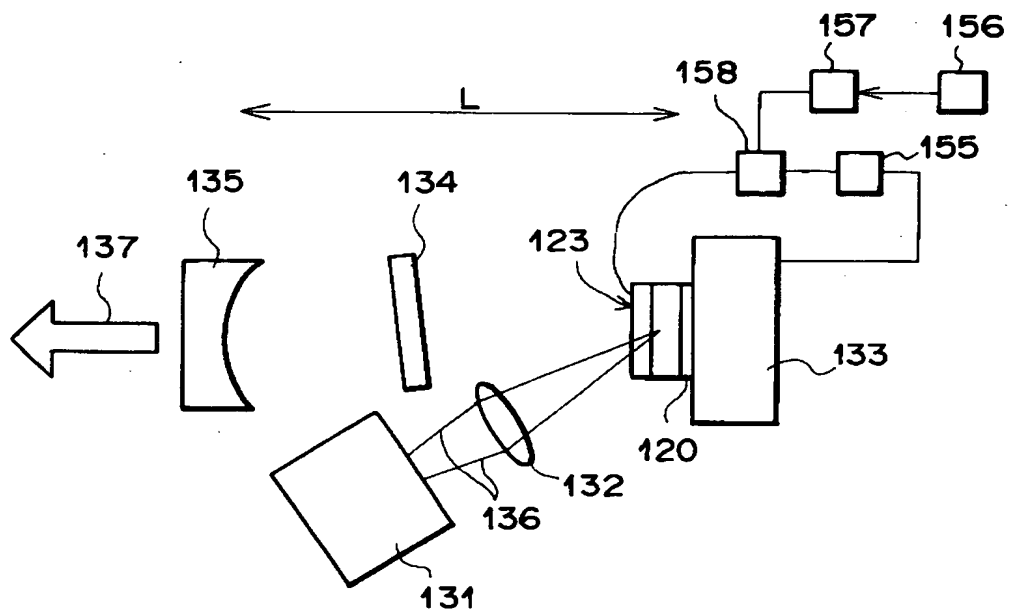
【図 7】



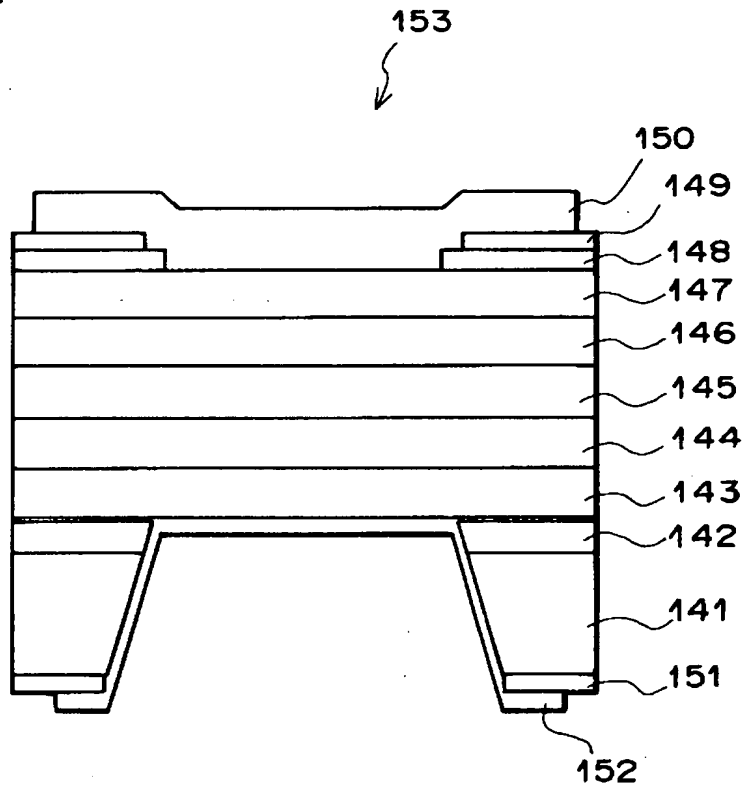
【図 8】



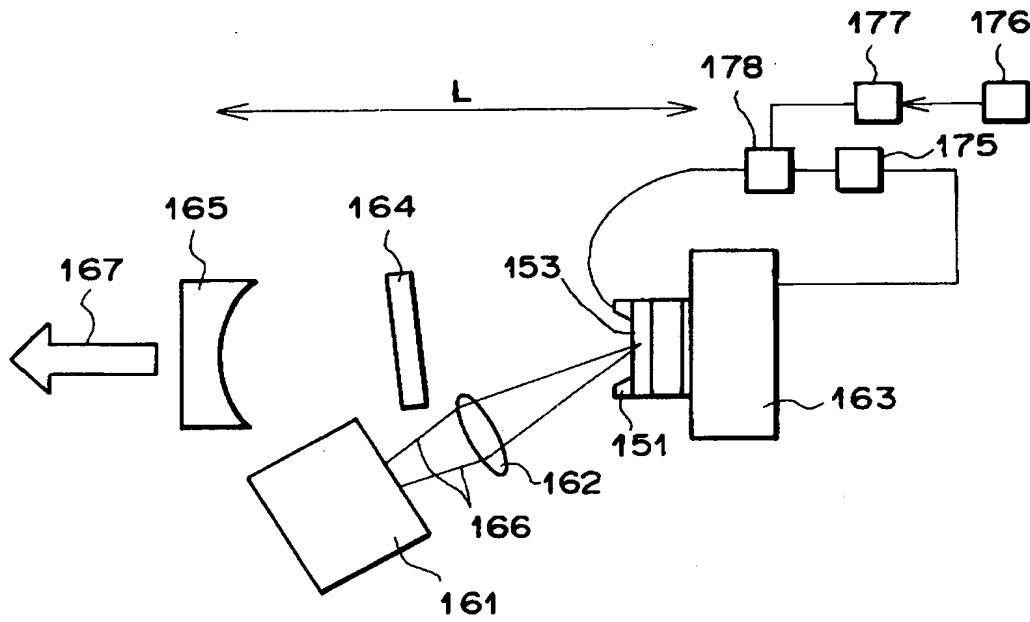
【図 9】



【図10】



【図11】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 光励起の面発光型半導体レーザ装置において、低電流での直接変調を可能にする。

【解決手段】 励起用に発振波長が 8 1 0 n m のブロードエリア型半導体レーザ素子 31 を使い、面発光型半導体素子 23 の G a A s 基板 11 側が取り付けられた穴あきヒートシンク 33 と、外部ミラー 35 と、該外部ミラー 35 の凹面と面発光型半導体素子 23 の多層光学フィルタ 13 とにより構成される共振器内に波長選択素子 34 を設け、さらに面発光型半導体素子 23 に直流バイアス回路 95 と、信号源 96 と、変調回路 97 と、ミキサー 98 とからなる変調手段を設けて半導体レーザ装置を構成する。半導体レーザ素子 31 からの 8 1 0 n m の励起光 36 は、集光レンズにより面発光型半導体素子 23 に集光され、面発光型半導体素子 23 の光閉じ込め層 14、16 および多重量子井戸活性層 15 により効率よく吸収されて、波長約 9 8 0 n m のレーザ光 37 が出力される。面発光型半導体素子に設置した変調回路により面発光型半導体素子の p n 接合に電圧を印加し変調する。

【選択図】 図 2

認定・付加情報

特許出願の番号	特願 2000-031623
受付番号	50000145372
書類名	特許願
担当官	第二担当上席 0091
作成日	平成12年 2月18日

<認定情報・付加情報>

【提出日】	平成12年 2月 9日
【特許出願人】	
【識別番号】	000005201
【住所又は居所】	神奈川県南足柄市中沼 210 番地
【氏名又は名称】	富士写真フイルム株式会社
【代理人】	申請人
【識別番号】	100073184
【住所又は居所】	神奈川県横浜市港北区新横浜 3-18-20 B E N E X S-1 7 階 柳田国際特許事務所
【氏名又は名称】	柳田 征史
【選任した代理人】	
【識別番号】	100090468
【住所又は居所】	神奈川県横浜市港北区新横浜 3-18-20 B E N E X S-1 7 階 柳田国際特許事務所
【氏名又は名称】	佐久間 剛

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000005201]

1. 変更年月日 1990年 8月14日
[変更理由] 新規登録
住 所 神奈川県南足柄市中沼210番地
氏 名 富士写真フイルム株式会社